

PAT-NO: JP02002369071A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2002369071 A

TITLE: PICTURE PROCESSING METHOD AND DIGITAL CAMERA MOUNTED
WITH THE SAME AND ITS PROGRAM

PUBN-DATE: December 20, 2002

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
WATANABE, NOBUYUKI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
OLYMPUS OPTICAL CO LTD	N/A

APPL-NO: JP2001174626

APPL-DATE: June 8, 2001

INT-CL (IPC): H04N005/232, G06T005/20, H04N005/14

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method for designing an adaptive filter in order to improve the picture quality of a photographed picture.

SOLUTION: This picture processing method is provided with a sharpness calculating means (102) for measuring the sharpness of an original picture with an SF value based on the distribution of difference values between a pixel under consideration and adjacent pixels at the time of deciding the parameter of a filter based on the sharpness of the original picture and a sharpness processing means (103) for deciding the coefficient of the filter based on the sharpness.

COPYRIGHT: (C)2003, JPO

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-369071

(P2002-369071A)

(43)公開日 平成14年12月20日(2002. 12. 20)

(51)IntCl ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 4 N 5/232		H 0 4 N 5/232	Z 5 B 0 5 7
G 0 6 T 5/20		G 0 6 T 5/20	B 5 C 0 2 1
H 0 4 N 5/14		H 0 4 N 5/14	A 5 C 0 2 2

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 14 頁)

(21)出願番号 特願2001-174626(P2001-174626)

(22)出願日 平成13年6月8日(2001. 6. 8)

(71)出願人 000000376

オリンパス光学工業株式会社

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号

(72)発明者 渡辺 伸之

東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号 オリ

ンパス光学工業株式会社内

(74)代理人 100058479

弁理士 鈴江 武彦 (外4名)

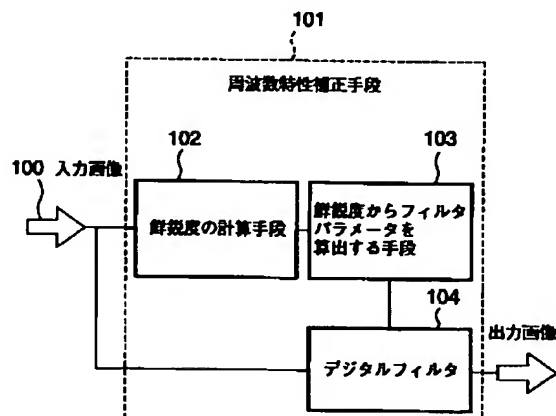
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理方法および、それを実装したデジタルカメラおよび、プログラム

(57)【要約】

【課題】 撮影された画像の画質を向上する事を目的とし、適応的なフィルタの設計方法を提供する。

【解決手段】 元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し(102)、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理手段(103)を備えた画像処理方法を用いる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更する方法であって、

元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理工程を備えたことを特徴とする画像処理方法。

【請求項2】 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するデジタルカメラであって、

元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理手段を備えたことを特徴とするデジタルカメラ。

【請求項3】 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するプログラムであって、

元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定する処理と、この測定結果に基づいてフィルタの係数を決定する処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、デジタルカメラなどで撮像した画像に係わり、特に画像の場所ごとに異なるパラメータで画像の周波数特性を変更する画像処理方法および、それを実装したデジタルカメラおよび、プログラムに関する。

【0002】

【従来の技術】近年、LSI技術の進展により、デジタルフィルタによる2次元画像処理が広く行われるようになってきた。この2次元画像処理にはローパスフィルタ処理、ハイパスフィルタ処理、コンボリューションフィルタ処理等がある。このコンボリューションフィルタ処理においては、処理対象とする画素を中心とする $N \times N$ 個(N は2以上、整数)の画素の画像データに夫々所定の重み係数を乗算して、これら乗算結果を加算することにより、その処理対象とする画素の画像データが形成される。

$$H = \begin{bmatrix} -0.5 & -1 & -0.5 \\ -1 & 7 & -1 \\ -0.5 & -1 & -0.5 \end{bmatrix}$$

*

*【0003】また、例えば、動画領域と静止画領域とで異なるフィルタ処理を施すような所謂アダプティブ(適応型)フィルタもデジタルフィルタにより実現することができる。しかしながら、ローパスフィルタ処理、及びハイパスフィルタ処理は、処理対象とする画像の全体に一律に施されるものであるため、原画像の持つ局所的な情報を有効に利用することができない不都合がある。

【0004】具体的に言えば、例えば、ローパスフィルタを施すと重要なエッジ情報が失われることがあり、ハイパスフィルタを施すと本来輝度変化が滑らかな領域でもノイズなどが強調されてざらついて見えたりすることがある。また、従来の単純なコンボリューションフィルタ処理では非線形処理等の多様な画像処理に対応しにくい不都合がある。

【0005】このような問題を鑑み、特開平4-205573号公報では、動体と背景を動きベクトルで分離する方式を開示している。しかしながら、このような動きの情報だけでは、位置によって異なる適応フィルタの適応範囲にも限界があり、例えば、動きのほとんどない、主要被写体と背景の分離、像面湾曲な光学系に特有なスペースバリエーションボケの補正などには適用できない。

【0006】また、デジタルフィルタを光学系の特性に合わせて設計しようとした場合、光学系のPSF(Point Spread Function)を実験的にまたは、光学設計の段階での計算により得て、その特性を補完するような形でフィルタを設計する。

【0007】通常、光学系の収差は光軸上から離れるにつれて、回転非対称な成分(コマ収差、非点収差)が大きくなるため、理想的な逆フィルタではPSFの回転非対称性を考慮すれば、回転非対称なデジタルフィルタになる。もっとも、回転非対称ということになると、上述のように、画像の場所毎に異なるパラメータでデータを持つということは、 $N \times N$ のデータを画素毎に持たなければならない、非現実的といえる。また、撮像機器の通常の使用目的では、PSFを回転対称と見なせる範囲で、逆フィルタを設計しただけでも周波数成分の回復ということでは、効果が期待できる。

【0008】パラメトリックにデジタルフィルタを定義する方法にはいくつかあり、 3×3 のカーネルサイズの周波数回復フィルタでの例では、高周波強調のフィルタHを以下のように設定する

【数1】

(1)

Hの分配係数をパラメータ α で調節するようにしたパラメトリックな回復フィルタは、

$$H_0 = \alpha I + (1 - \alpha) H \quad (2)$$

I = 単位行列

ここで、 α を変更すれば、回復フィルタの特性が調整でき、 α が小さいほど高周波強調のフィルタとなる。

【0009】次に、逆フィルタを計算しておく方法について述べる。PSFを

$\exp(-d \cdot R)$

(R は処理対象とする中心の画素からの距離を表す)のような減衰関数で近似した場合でも、効果は期待できる。あらかじめ、 d を変化させたときの最小二乗誤差のフィルタの計算をしておく。

*【0010】最小二乗フィルタの計算例を以下に示す。以下の例では目標とする応答関数を Δ 関数としている領域

【数2】

$$i, j \mid |i| \leq P, |j| \leq Q,$$

で定義されたボケ関数が $h(i, j)$ であるときに、これを、線形フィルタで表現したときの係数行列は、

【数3】

$$h = \begin{bmatrix} h(-P, -Q) & \cdots & h(-P, 0) & \cdots & h(-P, Q) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h(0, -Q) & & h(0, 0) & & h(0, Q) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ h(P, -Q) & \cdots & h(P, 0) & \cdots & h(P, Q) \end{bmatrix} \quad (3)$$

となる。インパルスに対するPSFの伝達関数の z 変換表現は、

$$Y(z) = Y(z_1, z_2) = H(z_1, z_2) B(0, 0) = \sum_{i,j=-Q}^Q h(i, j) z_1^{-i} z_2^{-j} \quad (4)$$

となる。また、設計するFIR逆フィルタを

★20★【数5】

$$f = \begin{bmatrix} f(-P, -Q) & \cdots & f(-P, 0) & \cdots & f(-P, Q) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(0, -Q) & & f(0, 0) & & f(0, Q) \\ \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ f(P, -Q) & \cdots & f(P, 0) & \cdots & f(P, Q) \end{bmatrix}$$

と定義しておく。いま、PSFに逆フィルタを作用させたものを

$$r(k, l) = \sum_{i=-P}^P \sum_{j=-Q}^Q h(k-i, l-j) f(i, j) \quad (5)$$

とする。最小二乗誤差の近似からフィルタ f は、以下のよう求められる。

$$\begin{aligned} \sum_{i=-P}^P \sum_{j=-Q}^Q a(p-i, q-j) f(i, j) &= h(-p, -q) \\ a(p-i, q-j) &= \sum_{k=-P}^P \sum_{l=-Q}^Q h(k, l) h(k+p-i, l+q-j) \end{aligned} \quad (6)$$

を得る。ここで簡単のため、 $P=Q=m$ とした(14)式を行列表現で表すと、

$Ax=B$

*となる。ここで、 x 、 B の中身を

【数8】

*

$$\begin{aligned}
 & \text{5} \qquad \qquad \qquad \text{6} \\
 b = & \left(\underbrace{h(m, m), h(m, m-1), \dots, h(m, -m)}_{2m+1 \text{ elements}}, \underbrace{h(m-1, m), \dots, h(m-1, -m)}_{2m+1 \text{ elements}}, \underbrace{h(-m, m), \dots, h(-m, -m)}_{2m+1 \text{ elements}} \right)^T \\
 x = & \left(\underbrace{f(-m, -m), f(-m, -m+1), \dots, f(-m, m)}_{2m+1 \text{ elements}}, \underbrace{f(-m+1, -m), \dots, f(-m+1, m)}_{2m+1 \text{ elements}}, \underbrace{f(m, -m), \dots, f(m, m)}_{2m+1 \text{ elements}} \right)^T
 \end{aligned}
 \tag{8,9}$$

というような $(2m+1) \pm (2m+1) = 4m^2 + 4m + 1$ 個の要素を持つものとする。

【0011】ここで、パラメータとして d を得たときに、回転対称な逆フィルタ f の係数をルックアップテーブルで持っておけば、画像の大きさによらずに、画像の位置によって異なるようなフィルタリング処理となる。

【0012】その他の鮮鋭化手法としては、原画像とローパスを施した画像の差分を取り、原画像に差分の定数倍を加えるという方法がある。このときの定数がパラメータとして与えられる。

【0013】また、画像位置によって異なるようなフィルタを必要とする状況は以下のような事が考えられる。最近のデジタルカメラのように、受光面のサイズが小さくなるにつれて、焦点深度が浅く、被写界深度が深いという傾向が現れるように、特に小型のデジタルカメラでは、「ボケ味」を表現することが難しいとされている。そこで、撮影された画像のコントラストの情報から、周波数応答を改善するフィルタを設計する様な、適応的な方法が必要とされる。

【0014】また、スペースインバリエントについて、適応的に画像のボケ状態を測定し、逆フィルタを掛ける方法としては、特開平6-162187号公報に、画像のデフォーカス状態に適応的に逆フィルタを掛ける技術が開示されている。また、画像に依存する補正方法としては、特開平11-150669号公報では、被写体の構造が自己相似形（例えば、枝、や山の画像）になっていて、低解像度の画像の周波数スペクトル構造と理想とする高解像度の画像の周波数スペクトル構造が周波数シフトによって類似の構造になることを利用している。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】しかし、特開平6-162187号公報では、画像のデフォーカス状態に適応的に逆フィルタを掛けるものだが、測定時に2つ以上の像面を必要とし、撮影装置に特殊な構成を必要とするという課題がある。また、画像に依存する補正方法としては、特開平11-150669号公報があるが、これは被写体の構造が自己相似形（例えば、枝、や山の画像）になっていて、低解像度の画像の周波数スペクトル構造と理想とする高解像度の画像の周波数スペクトル構造が周波数シフトによって類似の構造になることを利用してい

*る。適応的な補正方法として優れているが、計算にコストがかかることと、適応できる画像の種類が限定されてしまう事が難点である。像面湾曲の様に像の位置によって解像感が異なる画像に対して解像感をそろえたり、逆に遠近によるボケ味を強調するのを目的としている。

【0016】本発明の目的は、上述のように、スペースバリエーションなフィルタリングによって、画質の改善、加工を行おうとした場合に、フィルタの係数を求める方法を提供する。詳しくは、回転対称のような簡易な構造の逆フィルタにおいては、逆フィルタの係数を、PSFのぼけ具合のパラメータと関連づけておき、そのパラメータを決定する方法を提供する。さらには、領域を分離した画像で、各領域のボケ味を調整し、被写界深度を擬似的に加工する画像処理方法および、それを実装したデジタルカメラおよび、プログラム方法を提供することである。

【0017】

【課題を解決するための手段】本発明による画像処理方法および、それを実装したデジタルカメラおよび、プログラムは、画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更する方法であって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理工程を備えたことを特徴とする画像処理方法である。

【0018】また、画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するデジタルカメラであって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理手段を備えたことを特徴とするデジタルカメラである。

【0019】また、画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するプログラムであって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定する処理と、この測定結果に基づいてフィルタの係数を決定

する処理とをコンピュータに実行させるためのプログラムである。

【0020】

【発明の実施の形態】本発明は、デジタルフィルタによって、高周波強調、あるいは低周波強調で、画像の鮮鋭さ、ボケ味を調節する方式において、前記デジタルフィルタのパラメータを調節する方法に関する。

【0021】以下に、本発明の実施形態を以下に図面を用いて説明する。

【0022】まず、図1は、本発明の実施形態の周波数特性補正手段を示す概念図である。本実施形態は、画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更する（鮮鋭化、ぼかし）方法であって、まず、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する。その際、元画像の鮮鋭度を測定する方法が、図2に示したのは、注目画素と隣接画素の差分値 ΔD の分布（デルタヒストグラム）に基づくSF（S*

$$SF = \sum_{i=1}^{255} |S_0(I) - S_3(I)|$$

のように定義する。SF値が大きいほど、原画像の鮮鋭度が高いと言う評価になる。

【0023】次に、図5に原画像と平均化フィルタを施した画像のデルタヒストグラムを示した。SF値は、2つのヒストグラムの差分の絶対値を積分したものである。定義からわかるように、SF値は画像に依存する値なので、一般に、画像の周波数成分との厳密な関係は成り立たない。ただし、傾向として同一の画像に対してSF値が高ければ、周波数特性が高周波まで伸びていると言うことが出来る。

【0024】また、ランダムパターンのように、画像の位置によって、被写体の情報が異ならず、広い周波数成分を持っている画像であれば、このような条件であれば、光学系の収差（像面湾曲、球面収差）などで、画像の位置によってボケ具合が異なるのを評価することが出来る。通常では、光軸付近が最もMTFが高周波成分にのびている様に設計されているので、軸上付近のSF値と軸外のSF値を比較することによってどの程度の鮮鋭化が必要であるのかわかる。

【0025】次に、図1に戻って、まず、画像入力手段※

$$H = \begin{bmatrix} -0.5 & -1 & -0.5 \\ -1 & 7 & -1 \\ -0.5 & -1 & -0.5 \end{bmatrix}$$

Hの分配係数をパラメータ α で調節するようにしたパラメトリックな回復フィルタは、

$$H_0 = \alpha I + (1 - \alpha) H$$

I = 単位行列

α を変更すれば回復フィルタの特性が調整でき、 α が小さいほど高周波強調のフィルタとなる。

【0028】ここで α の値を推定するために、上述のS★50

*harpness Factory) 値であり、これに基づいてフィルタの係数を決定する。ここで ΔD 値とSF値について補足すると、隣接画素の差分値は、図3に示すように、注目画素とその隣接8個の画素との輝度の差分絶対値であり、例えば、中央の画素レベルが16、その周りが、12、14、20、8、24、12、16、32となっていれば、差分の絶対値は、図4に示すように、4、2、4、8、8、4、0、16となり、 ΔD のヒストグラム（0～16の ΔD の出現頻度）は、（1，0，1，0，3，0，0，0，2，0，0，0，0，0，0，0，1）となる。このようなヒストグラムを所定の範囲の画素について積算したものである。原画像における上述の差分 ΔD （絶対値）のヒストグラムを $S_0(I)$ とし、原画像に平滑化フィルタをかけたものを $S_3(I)$ として鮮鋭度SFを

【数9】

(10)

20※100から入力画像が入力され、周波数特性補正手段101にデータを渡す。ここで、周波数特性補正手段101は、鮮鋭度算出手段102、フィルタパラメータ算出手段103、デジタルフィルタ104からなり、デジタルフィルタを施した画像が出力画像として出力される。また、前記鮮鋭度算出手段102は、前述したSF値を計算する。そして、フィルタパラメータ算出手段103は、後述するように、SF値とフィルタパラメータの関係をしめすLUT (Look Up Table) や、関係式を定義した計算手段を示している。このLUTは、SF値とデジタルフィルタを構成する行列の各計数の関係を表しているものでも良いし、前述、あるいは後述するようにパラメトリックなフィルタのパラメータであっても良い。

【0026】また、パラメトリックにデジタルフィルタの例としては、前述のように3×3のカーネルサイズの周波数回復フィルタでは、高周波強調のフィルタHを以下のように設定する。

【0027】

【数10】

(11)

★F値を用いる方法について述べる。ランダムパターンのように、画像の位置によって、被写体の情報が異ならず、広い周波数成分を持っている画像であれば、このような条件であれば、光学系の収差（像面湾曲、球面収差）などで、画像の位置によってボケ具合が異なるのを評価することが出来る。通常では、光軸付近が最もMTFが高周波成分にのびている様に設計されているので、

軸上付近のSF値と軸外のSF値を比較することによってどの程度の鮮鋭化が必要であるのかがわかる。

【0029】次に、図6に示したように、まず、ランダムパターン601を撮影し、デジタルデータを得る。このときに光学系602、撮像系であるイメージャ603の伝達特性を含んだデジタル画像データ604を得る。

【0030】前記光学系602では、光学伝達特性（主に振幅：MTF）、前記撮像系（イメージャ603）では、イメージャのサンプリングの特性、AD変換の特性、その他電気系の特性が含まれる。前記デジタル画像データ604で、画像の中央付近A、像高の1/2付近B、像高1付近の領域Cでそれぞれデルタヒストグラムを計算しSF値を得る。ここで、領域B、Cの領域のSF値を領域AのSF値に近づけるようにする。その計算方法を図7を用いて説明する。

【0031】B、Cの領域の画像（S701）を用い、式12の α の初期値及びデクリメント幅 δ を設定する（S702）。

【0032】次に、BまたはCの領域にフィルタ処理を行う（S703）。また、デルタヒストグラムの計算のためにフィルタリングはマージンをとっておく。そして、フィルタ処理したBまたはCの領域に対して、上述の式10の定義に従い、計算したSF値が基準となる領域AのSF値を求める（S704、S705）。 *

$$H(k_{ij}) = \sum_{i,j} k_{ij} Z_{ij}$$

$$k_{ij} = \frac{1}{I} \exp(-d \cdot r)$$

$$r = \sqrt{i^2 + j^2}$$

$$I = \sum_{i,j} \exp(-d \cdot r)$$

(13-16)

(Eは、ボケ関数の大きさを表す)とする。ここで、 i, j は、軸対象のボケ関数の中心位置を(0, 0)としたときのインデックスを表している。パラメータ d の変化に対して、逆フィルタの係数を求める。 d が小さければボケが大きくなり、逆フィルタの高周波強調も大きくなる。また、高周波領域での誤差を抑えるために逆フィルタのための目的関数を δ 関数とせず、高周波帯域を緩和させたものにしても良い。

【0036】ここでは、7x7のフィルタについて示すので対称性を考慮して求めておくべき要素数は、10種 {F(-3, -3)、F(-3, -2)、F(-3, -1)、F(-3, -0)、F(-2, -2)、F(-2, -1)、F(-2, -0)、F(-1, -1)、F(-1, -0)、F(0, 0)}になる。

【0037】次に、図8には行列の他の要素を*で示しており、行列の対称性から、それらの領域は前述の10種の要素のどれかと等しい。

【0038】また、図9には、 d を0.3から5まで変化させたときの各要素の値を示している。このように d の値に対して、行列の要素をLUTで持っておく。 ※50

*【0033】そして、基準となる領域AのSF値と近いかどうかを判断する。このとき、単純に2値的に判断しても良いし、段階的な判断を行っても良い。判定基準を満たしていれば処理を終了（S707）、パラメータ α を取得する。基準を満たしていない場合は、S708でパラメータ α を変更する。図7では、パラメータの変更は等間隔のデクリメントで行っているが、適応的にデクリメント幅を変更する方法でも良いし、収束精度を良くするために、最適解の周りで往復的に調べても良い。

10 【0034】このようにして、軸外の周波数特性を軸上のものに近づけるために、領域をA、B、Cと離散的にサンプリングして、SF値により各領域のパラメータを取得し、次に各領域の間のパラメータを補間によって求める様にする。また、サンプリングする領域は、このような3点で有る必要はなく、精度を上げるために多数の領域を設定しても良い。

【0035】このようにして、像面の像高とパラメータ α の関係が得られれば、それをLUTとして記憶しておき、像高方向に変化するフィルタリングを実現する。もう一つのパラメトリックなフィルタを設計する方法は、上述のExp関数を用い、最小二乗法で最適逆フィルタを計算する方法を用いる。ボケ関数を2次の関数

【数11】

※【0039】次に、前述の図7に準じてSF値から d の値を算出する方法を図10を用いて説明する。B、Cの領域の画像を用い（S1001）、式14の d の初期値及びデクリメント幅 δ を設定する（S1002）。そして、 d の値からLUTにより逆フィルタの要素を読み出し、逆フィルタ $H_{inv}(d)$ を構成する（S1003）。続いて、逆フィルタをBまたはCの領域でフィルタ処理を行う（S1004）。そして、フィルタ処理したBまたはCの領域に対して、上述の式10定義に従い計算したSF値が基準となる領域AのSF値を求める（S1005、S1006）。

【0040】次に、基準となる領域、AのSF値と近いかどうかを判断する（S1007）。このとき、単純に2値的に判断しても良いし、段階的な判断を行っても良い。そして、基準を満たしていれば処理を終了し（S1009）、パラメータ α を取得する。一方、基準を満たしていない場合は、S1008でパラメータ d を変更する。また、上述のようにパラメータを補間して求めることも出来る。このパラメータの補完に関しては、像高方向に補間するほかに、光学系の焦点距離、絞りによって

補間することも考えられる。例えば、画像の有る領域でのフィルタパラメータを $f=50\text{mm}$ 、 $f=100\text{mm}$ で求めて置いたとすると、 $f=70\text{mm}$ に対しては、直接計算するのではなく、前述の2つの焦点距離での値を参照して補間によって求めることが出来る。

【0041】次に、図11に、このようにして求めたフィルタパラメータをLUTに実装した画質補正装置の構成を示す。入力画像110に対して、アドレス算出手段112で画素位置を算出し、画素位置に従ってLUTよりフィルタパラメータを読み出す(113)。このとき、像面湾曲等光軸に対象でスペースバリエーションな補正であれば、画素位置から像の中心からの距離(像高)算出して、LUTよりパラメータを読み込み、デジタルフィルタを構成する(114)。

【0042】また、LUTにおいて、位置の分割数または像高の分割数は、画素による分割数より粗くても良い。そのときはLUTに記載されている画素の位置から、対象としている画素の位置を線形補間によって表現するようにして、LUTのフィルタパラメータを補間することによって、図12に示すように、デジタルフィルタを構成する様にする。

【0043】次に、図12では、LUT123に記録された位置情報を読み出し(124)、アドレス補間を行い(126)、補間係数に従ってLUTに記録されたフィルタパラメータの補間を行い(125)、デジタルフィルタ127を構成して、フィルタ処理を入力画像に施し、補正画像を出力する。

【0044】以上、本発明の第1の実施形態によれば、SF値を用いて、光学系、撮像系に起因する像高方向に変化する周波数特性を補完するフィルタを得ることができ、像の位置や、光学系の条件によって変化するパラメータを補間によって得ることが出来る。なお、単板ベイヤ配列においては、RGB色の補間を行った後、各色に対してSF値を求めて、上述の方法で画質補正のフィルタを算出するようにしても良い。

【0045】次に、本発明の第2の実施形態について説明する。本発明の第2の実施形態は、光学系、撮像系による歪み補正、色ズレ補正と、第1の実施形態に示した周波数特性の補正手段を備えた画像の補正手段であり、その構成を図13に示した。

【0046】図13に示すように、歪み、色ズレの補正手段131は、レンズの設計値から、歪曲収差の値を得、それに従って画像の幾何変換を行い、周波数特性補正手段132を経由して補正画像が出力される。また、このときの処理の流れの概要を図14に示した。入力画像130に対して、歪み、色ズレの補正処理を行い(S142)、上述のランダムパターンを用いて、解像度の(SF値を用いた)測定を行い(S143)、上述のように測定されたSF値に従って、フィルタのパラメータを決定する(S144)。上述のようにランダム

パターンを用いて、軸上のSF値を参考にフィルタパラメータを算出し、スペースバリエーションな画像を作成でき、回復画像が出力される。

【0047】上述の方法を用いると、フィルタパラメータの決定時に歪みの補正の時に用いている、画素補間による周波数応答性も考慮される。このような場合、周波数応答性が過補正になってしまい、エイリアシングや、アーティファクトが出てしまう事が考えられる。そのために図15のように処理の順番を逆にする構成も考えられ、入力画像150にまず周波数特性補正を行い(151)、歪み補正を行ってから(152)、出力画像を出力する(153)方法である。

【0048】以上、本発明の第2の実施形態によると、撮像系(レンズ)の歪みの補正と、スペースバリエーションなボケの補正する事が出来、撮像系に起因する画像の劣化を補正することが出来る。

【0049】次に、本発明の第3の実施形態について説明する。

【0050】近年のデジタルカメラのように、受光面のサイズが小さくなるにつれて、焦点深度が浅く、被写界深度が深いという傾向が現れるように、特に小型のデジタルカメラでは、「ボケ味」を表現することが難しいとされている。そこで、本発明の第3の実施形態では、距離のよるボケ具合を拡大するために、主要被写体と背景をエッジ検出、彩度などで分離し、それぞれの領域で上述したSF値を計算して各領域の周波数応答特性を判別し、各領域のフィルタパラメータを算出する。

【0051】第3の実施形態の構成を図16に示した。

【0052】まず、図16に示すように、画像が像域分離手段160に入力される。この像域分離手段160では、例えば、エッジ検出フィルタなどで像域の境界を検出し、各境界内の色、周波数特性、テクスチャ等で像域を分離する。即ち、主要被写体で比較的フォーカスが合っている部分で、コントラストが高いものと背景など、ボケが含まれていて、コントラストが低いものに分離される。また、各領域は、次の周波数補正手段(161-1~161-n)を通してボケ具合が調整される。(ボケ具合の調整方法は次の図17に示した)。そして、周波数特性を補正された像を合成され(163)、画像が出力される。

【0053】次に、図17にボケ具合の調整方法を示した。図17に示すように、領域iのSF値 Sf_i を計算し(S171)、この結果とあらかじめ設定した値(閾値 Sf_t)を読み込み(S172)、この値との大小を比較する(S173)。そして、前記閾値よりも低い場合、鮮鋭化処理を行わず、その領域の処理は終了する。一方、前記閾値よりも大きい場合、高周波強調のフィルタパラメータに設定して鮮鋭化処理(S174)、続いてフィルタ処理(S175)を行う。このようにして各領域毎に鮮鋭化の実行の判断を行い、所定のフィルタパ

ラメータで処理を行い図16の領域合成手段162で画像の合成を行い処理を終了する。

【0054】この実施形態では、SF値の高い領域をさらに高周波強調を欠ける方法を示したが、これとは逆に、SF値の低い領域をさらにぼかしたり、逆にボケの差を少なくして擬似的に被写界深度を深くする処理も出来る。

【0055】なお、SF値とフィルタパラメータの関係は前出のランダムパターンを用いた方法を参照する。

【0056】以上、本発明の第3の実施形態を用いることにより、撮像系の持つ被写界深度の性能を超えて、擬似的にボケ味を出すことが出来る。

【0057】なお、本発明の上記実施形態によれば、以下のごとき構成が得られる。

【0058】「付記1」 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更する方法であって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理工程を備えたことを特徴とする画像処理方法。

【0059】「付記2」 前記フィルタの係数を決定する際、レンズ設計上MTFが最も高い領域のSF値を参照して、鮮鋭度の回復を行おうとする領域のSF値を、レンズ設計上最もMTFの高い領域のSF値に近づけるようにフィルタのパラメータを決定することを特徴とする付記1に記載の画像処理方法。

【0060】「付記3」 前記フィルタの係数を決定する際、画像を所定の領域分割を行って鮮鋭度をSF値として測定し、この測定から最もSF値が高い領域の値を参照し、鮮鋭度の回復を行おうとする領域のSF値を、最も鮮鋭度の高い領域のSF値に近づけるようにフィルタのパラメータを決定することを特徴とする付記1または2に記載の画像処理方法。

【0061】「付記4」 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するデジタルカメラであって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理手段を備えたことを特徴とするデジタルカメラ。

【0062】「付記5」 前記フィルタの係数を決定する際、レンズ設計上MTFが最も高い領域のSF値を参照して、鮮鋭度の回復を行おうとする領域のSF値を、レンズ設計上最もMTFの高い領域のSF値に近づけるようにフィルタのパラメータを決定することを特徴とする付記4に記載のデジタルカメラ。

【0063】「付記6」 前記フィルタの係数を決定する際、画像を所定の領域分割を行って鮮鋭度をSF値と

して測定し、この測定から最もSF値が高い領域の値を参照し、鮮鋭度の回復を行おうとする領域のSF値を、最も鮮鋭度の高い領域のSF値に近づけるようにフィルタのパラメータを決定する鮮鋭化処理手段を備えていることを特徴とする付記4または5に記載のデジタルカメラ。

【0064】「付記7」 前記注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定し、これに基づいてフィルタの係数を決定する鮮鋭化処理手段がデジタルフィルタであって、そのパラメータを記憶する機構を備えていることを特徴とする付記4乃至6のいずれか1つに記載のデジタルカメラ。

【0065】「付記8」 撮影条件に応じて、記憶したパラメータからの補間によってデジタルフィルタのパラメータを決定する機構をさらに備えていることを特徴とする付記4乃至7のいずれか1つに記載のデジタルカメラ。

【0066】「付記9」 光学系の歪み、色ズレを補正する幾何変換手段をさらに備えたことを特徴とする付記1乃至3のいずれか1つに記載の画像処理方法。

【0067】「付記10」 前記鮮鋭化処理手段は、SF値が所定量より低い領域に対してはアンシャープ処理を行わないか、または、ローパスフィルタをかける様にし、SF値の高い領域に対しては、鮮鋭度が上がるように処理を行う事を特徴とする付記1乃至3のいずれか1つに記載の画像処理方法。

【0068】「付記11」 元の画像の解像感が高い領域と低い領域を分割するときに、デルタヒストグラムと自己組織化マップを用いて領域を分割することを特徴とする付記10に記載の画像処理方法。

【0069】「付記12」 元の画像の解像感が高い領域と低い領域を分割するときに、デルタヒストグラムと画素の色空間上の位置を参照して領域を分割することを特徴とする付記10に記載の画像処理方法。

【0070】「付記13」 画像をその画像の位置毎に、異なったデジタルフィルタで画像の周波数特性を変更するプログラムであって、元画像の鮮鋭度に基づいて、フィルタのパラメータを決定する際に、注目画素と隣接画素の差分値の分布に基づくSF値で元画像の鮮鋭度を測定する処理と、この測定結果に基づいてフィルタの係数を決定する処理とをコンピュータに実行させるためのプログラム。

【0071】

【発明の効果】以上、本発明を用いることにより、光学系の性能の補正（球面収差、像面湾曲）や主要被写体と背景を分離して、ボケ味を加工するなど、スペースバリエーションなフィルタリングによって、画質の改善、加工を行おうとした場合に、フィルタの係数を求める方法を提供出来る。即ち、回転対称のような簡易な構造の逆フィルタにおいては、逆フィルタの係数を、PSFのぼけ

具合のパラメータと関連づけておき、そのパラメータを決定する方法を提供する。さらには、領域を分離した画像で、各領域のボケ味を調整し、被写界深度を擬似的に加工する方法を提供することが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る周波数特性補正手段を示す概念図。

【図2】本発明の第1の実施形態に係る注目画素と隣接画素の差分値 ΔD の分布に基づくSF値を示す図。

【図3】本発明の第1の実施形態に係る注目画素とその隣接8個の画素を示す図。

【図4】本発明の第1の実施形態に係る注目画素とその隣接8個の画素との輝度の差分絶対値を示す図。

【図5】本発明の第1の実施形態に係る原画像と平均化フィルタを施した画像のデルタヒストグラムを示した図。

【図6】本発明の第1の実施形態に係るランダムパターンを撮影したときのデジタルデータを示す図。

【図7】本発明の第1の実施形態に係る領域B、Cの領域のSF値を領域AのSF値に近づけるようにするときの計算方法を示す図。

【図8】本発明の第1の実施形態に係る行列の他の要素を*で示した図。

【図9】本発明の第1の実施形態に係るdを0.3から5まで変化させたときの各要素の値を示した図。

【図10】本発明の第1の実施形態に係るSF値からd

の値を算出する方法を示す図。

【図11】本発明の第1の実施形態に係るフィルタパラメータをLUTは、実装した画質補正装置の構成を示す図。

【図12】本発明の第1の実施形態に係るデジタルフィルタの構成を示す図。

【図13】本発明の第2の実施形態に係る補正画像の処理の流れを示す図。

【図14】本発明の第2の実施形態に係る補正画像の処理の流れを示す図。

【図15】本発明の第2の実施形態に係る補正画像の処理順序を逆にしたときの処理の流れを示す図。

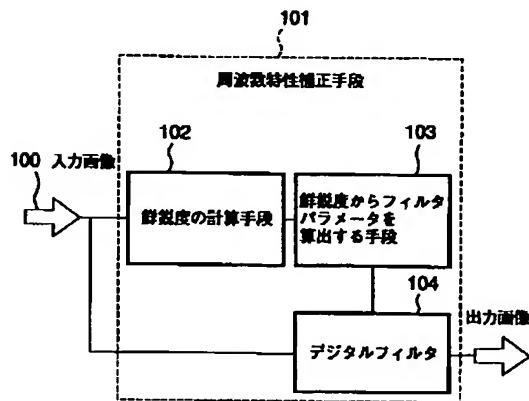
【図16】本発明の第3の実施形態に係る構成を示す図。

【図17】本発明の第3の実施形態に係るボケ具合の調整方法を示す図。

【符号の説明】

100…画像入力手段、101…周波数特性補正手段、102…鮮鋭度算出手段、103…フィルタパラメータ算出手段、104…デジタルフィルタ、110…入力画像、112…アドレス算出手段、123…LUT、127…デジタルフィルタ、130…入力画像、131…補正手段、132…周波数特性補正手段、150…入力画像、160…領域分離手段、162…領域合成手段、601…ランダムパターン、602…光学系、603…イメージャ、604…デジタル画像データ

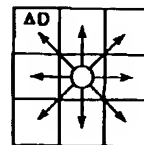
【図1】



【図8】

F(-3,-3)	F(-3,-2)	F(-3,-1)	F(-3,0)	...
...	F(-2,-2)	F(-2,-1)	F(-2,0)	...
...	...	F(-1,-1)	F(-1,0)	...
...	F(0,0)	...
...

【図2】



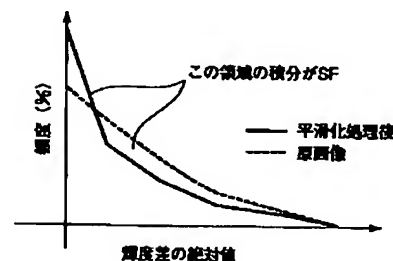
【図3】

12	14	20
8	18	24
12	16	32

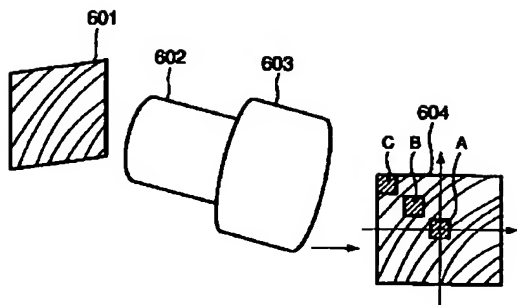
【図4】

4	2	4
8	*	8
4	0	16

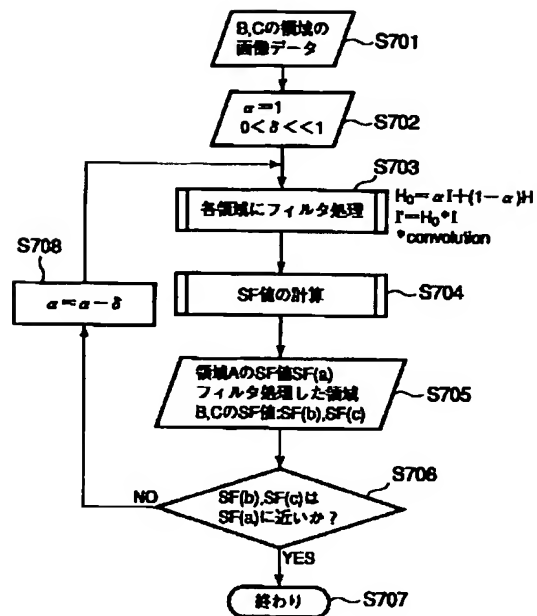
【図5】



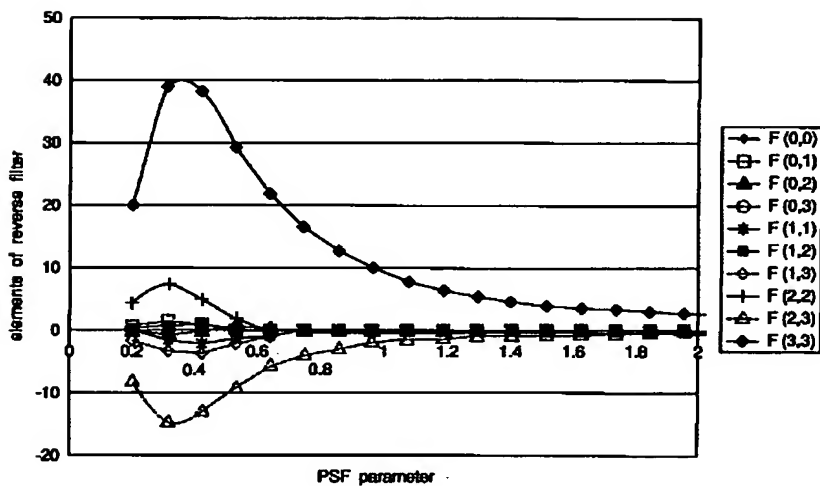
【図6】



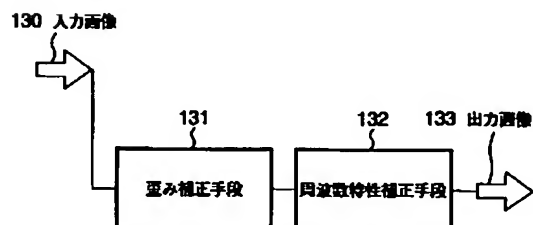
【図7】



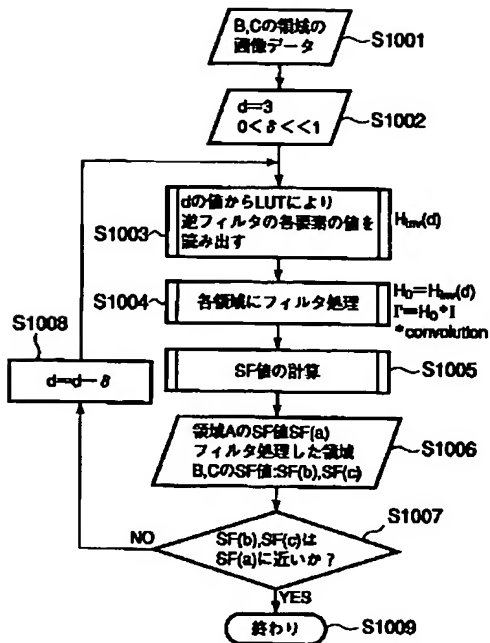
【図9】



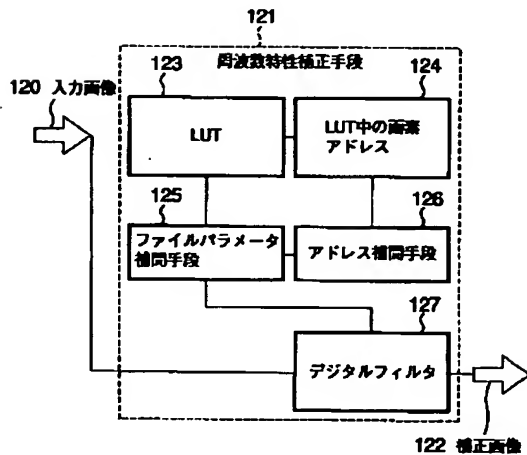
【図13】



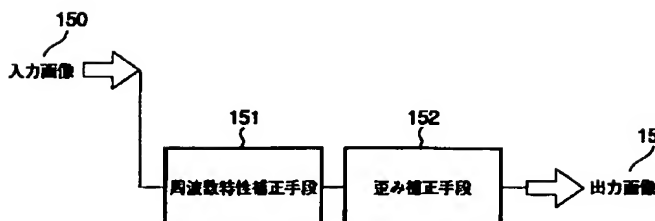
【図10】



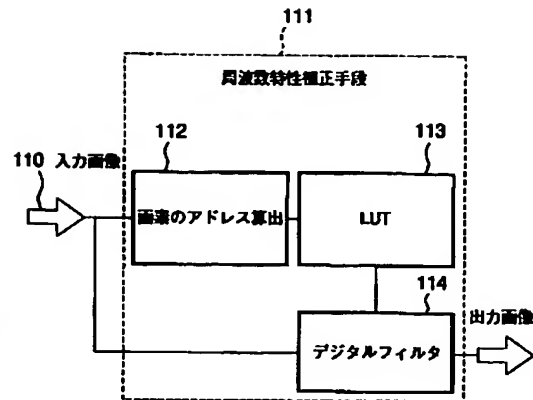
【図12】



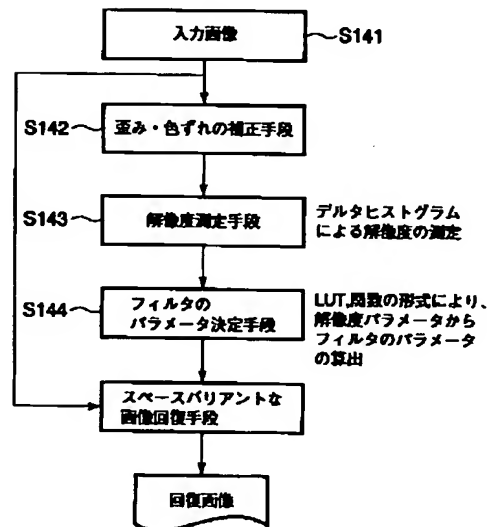
【図15】



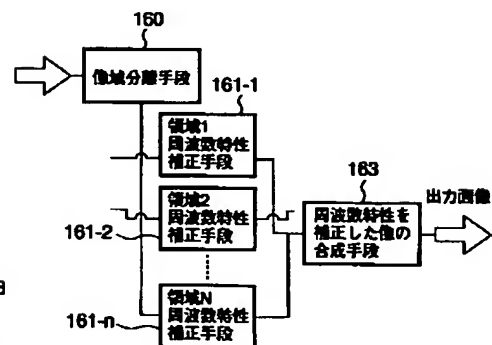
【図11】



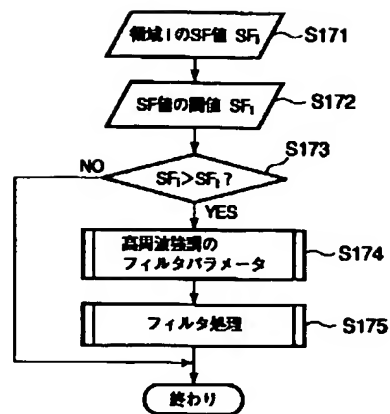
【図14】



【図16】



【図17】



【手続補正書】

【提出日】平成13年12月18日（2001.12.18）

【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0005

【補正方法】変更

【補正内容】

【0005】このような問題を鑑み、特開平4-205573号公報では、動体と背景を動きベクトルで分離する方式を開示している。しかしながら、このような動きの情報だけでは、位置によって異なる適応フィルタの適応範囲にも限界があり、例えば、動きのほとんどない、主要被写体と背景の分離、像面湾曲など光学系に特有なスペースバリエーションボケの補正などには適用できない。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0031

【補正方法】変更

【補正内容】

【0031】BまたはCの領域の画像（S701）を用い、式12の α の初期値及びデクリメント幅 δ を設定する（S702）。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0032

【補正方法】変更

【補正内容】

【0032】次に、BまたはCの領域にフィルタ処理を行う（S703）。また、デルタヒストグラムの計算のためにフィルタリングはマージンをとっておく。そして、フィルタ処理したBまたはCの領域に対して、上述

の式10の定義に従い、計算したSF値の基準となる領域AのSF値を求める（S704、S705）。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0039

【補正方法】変更

【補正内容】

【0039】次に、前述の図7に準じてSF値からdの値を算出する方法を図10を用いて説明する。BまたはCの領域の画像を用い（S1001）、式14のdの初期値及びデクリメント幅 δ を設定する（S1002）。そして、dの値からLUTにより逆フィルタの要素を読み出し、逆フィルタ $H_{inv}(d)$ を構成する（S1003）。続いて、逆フィルタをBまたはCの領域でフィルタ処理を行う（S1004）。そして、フィルタ処理したBまたはCの領域に対して、上述の式10定義に従い計算したSF値の基準となる領域AのSF値を求める（S1005、S1006）。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

【補正内容】

【0041】次に、図11に、このようにして求めたフィルタパラメータをLUTに実装した画質補正装置の構成を示す。入力画像110に対して、アドレス算出手段112で画素位置を算出し、画素位置に従ってLUTよりフィルタパラメータを読み出す（113）。このとき、像面湾曲等光軸に対称でスペースバリエーション補正であれば、画素位置から像の中心からの距離（像高）算出して、LUTよりパラメータを読み込み、デジタルフィルタを構成する（114）。

【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0047

【補正方法】変更

【補正内容】

【0047】上述の方法を用いると、フィルタパラメータの決定時には歪みの補正済みの画像を用いているので、画素補間による周波数応答性も考慮される。このような場合、周波数応答性が過補正になってしまい、エイリアシングや、アーティファクトが出てしまう事が考えられる。そのために図15のように処理の順番を逆にする構成も考えられ、入力画像150にまず周波数特性補正を行い(151)、歪み補正を行ってから(152)、出力画像を出力する(153)方法である。

【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0048

【補正方法】変更

【補正内容】

【0048】以上、本発明の第2の実施形態によると、撮像系(レンズ)の歪みの補正と、スペースバリエーションボケの補正をする事が出来、撮像系に起因する画像の劣化を補正することが出来る。

【手続補正8】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0052

【補正方法】変更

【補正内容】

【0052】まず、図16に示すように、画像が像域分離手段160に入力される。この像域分離手段160では、例えば、エッジ検出フィルタなどで像域の境界を検出し、各境界内の色、周波数特性、テクスチャ等で像域を分離する。即ち、主要被写体で比較的高いフォーカスが合っている部分で、コントラストが高いものと、背景などボケが含まれていて、コントラストが低いものに分離される。また、各領域は、次の周波数補正手段(161-1~161-n)を通してボケ具合が調整される。(ボケ具合の調整方法は次の図17に示した)。そして、周波数特性を補正された像を合成され(163)、画像が出力される。

【手続補正9】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0054

【補正方法】変更

【補正内容】

【0054】この実施形態では、SF値の高い領域をさらに高周波強調をかける方法を示したが、これとは逆に、SF値の低い領域をさらにぼかしたり、逆にボケの差を少なくして擬似的に被写界深度を深くする処理も出来る。

【手続補正10】

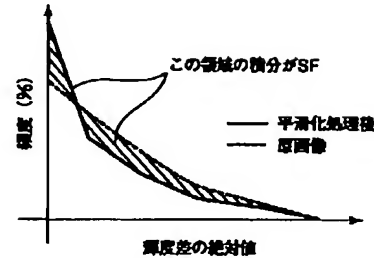
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図5

【補正方法】変更

【補正内容】

【図5】



【手続補正11】

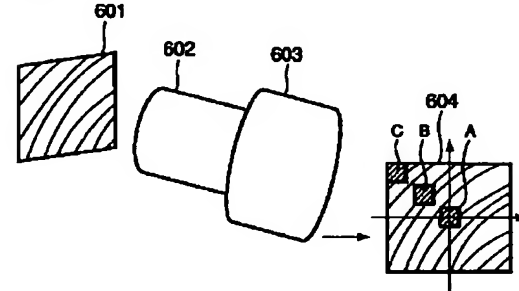
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図6

【補正方法】変更

【補正内容】

【図6】



【手続補正12】

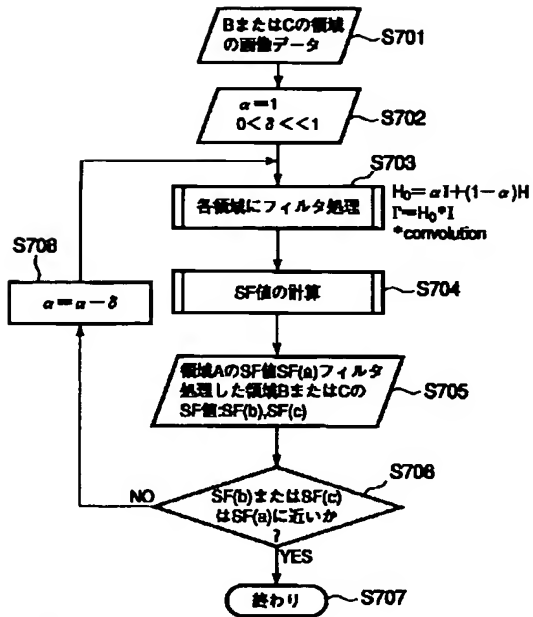
【補正対象書類名】図面

【補正対象項目名】図7

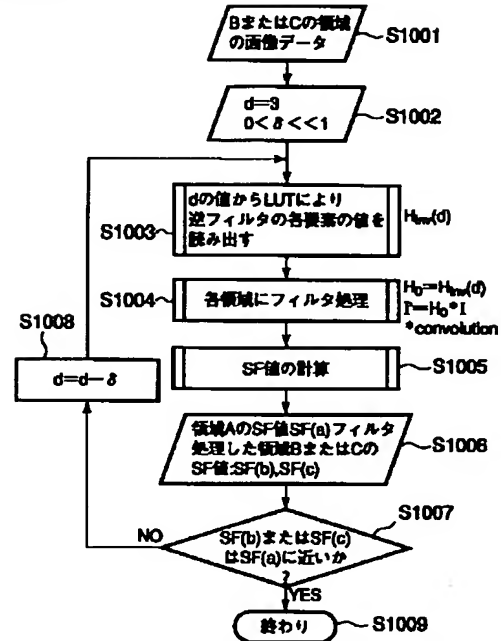
【補正方法】変更

【補正内容】

【図7】



【補正内容】
【図10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5B057 AA01 CA08 CA12 CA16 CB08
CB12 CB16 CC02 CE03 CE06
CH01 DA20 DB02 DB09 DC22
DC36
5C021 PA66 PA73 XB11
5C022 AA13 AB21 AC69